

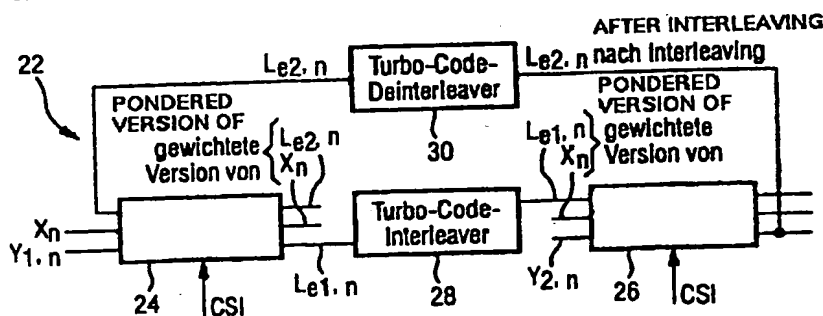


PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : H04L 1/20	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/11013 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. März 1999 (04.03.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/02172 (22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juli 1998 (29.07.98) (30) Prioritätsdaten: 197 36 653.8 22. August 1997 (22.08.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DOETSCH, Markus [DE/DE]; Sendnicher Weg 62, D-56072 Koblenz (DE). PLECHINGER, Jörg [DE/DE]; Westermühlstrasse 16, D-80469 München (DE). JUNG, Peter [DE/DE]; Im Rabental 28, D-67697 Otterberg (DE). BERENS, Friedbert [DE/DE]; Keltenweg 67, D-67663 Kalserslautern (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, CN, HU, ID, IL, JP, KR, MX, NO, PL, RU, UA, US, VN, eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR ASSESSING THE SERVICE QUALITY OF TRANSMISSION CHANNELS IN A DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR ABSCHÄTZUNG DER DIENSTQUALITÄT AUF ÜBERTRAGUNGSKANÄLEN IN EINEM DIGITALEN ÜBERTRAGUNGSSYSTEM**



(57) Abstract

The invention relates to a method and a device for assessing the service quality of transmission channels in a digital transmission system, wherein turbo-coding for channel coding is carried out in a turbo-coder on the sender side and turbo decoding is performed using a turbo-decoder with soft decision output signals on the receiver side. Service quality is determined on the basis of variances in the soft decision output signals in the turbo-decoder. When a MAP symbol evaluator is used in the receiver side, the service quality is determined on the basis of the variances σ^2_{LLR} of the soft decision output signals of the turbo-decoder. The bit error rate is calculated on the basis of the variances σ^2_{LLR} to measure service quality. An RCPTC is used as turbo-code in the method and in the device.

(57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren und einer Einrichtung zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem wird zur Kanalcodierung sendeseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und empfängerseitig in einem Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt. Die Dienstqualität wird aus den Varianzen der Soft-Decision-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt. Wenn empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer verwendet wird, wird die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{LLR} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt, indem aus den Varianzen σ^2_{LLR} die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität berechnet wird. Bei dem Verfahren und in der Einrichtung wird als Turbo-Code ein RCPTC verwendet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem, bei dem zur Kanalcodierung senderseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und
10 empfängerseitig in einem Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt wird.

In P. Jung, „Comparison of Turbo-Code Decoders Applied to Short Frame Transmission Systems“, IEEE Journal on Selected
15 Areas in Communications, Band 14 (1996) Seiten 530 - 537 wird die Anwendung von Turbo-Codes für digitale Übertragungssysteme untersucht, wobei sowohl Codierer als auch Decodierer für die Turbocodes in der Übertragungsstrecke untersucht werden. Die Decodierung der Turbocodes beruht auf der Verwendung von
20 Soft-Input/Soft-Output-Decodierern, die entweder unter Verwendung von MAP (Maximum a-posteriori)-Symbolschätzern oder von MAP-Sequenzschätzern, beispielsweise einem Schätzer mit einem a-priori-Soft-Output-Viterbi-Algorithmus (APRI-SOVA) verwirklicht werden können. In dieser Veröffentlichung werden
25 vier verschiedene Decodiereranordnungen und ihre Fähigkeiten, bestimmte Fehlerraten zu verarbeiten, beschrieben. Außerdem wird die Leistungsfähigkeit dieser Decoder bei verschiedenen Anwendungsfällen untersucht. Es wird festgestellt, daß die Turbocodes und deren iterative Decodierung eine wirksame Maß-
30 nahme gegen Paketfehler ist.

In ICC '95, Seattle, Washington, Juni 18-22, 1995, „Turbo Codes for BCS Applications“, D. Divsalar und F. Pollara, werden Turbocodes vorgeschlagen, um eine Fehlerkorrektur bis na-
35 he an die sogenannte Shannon-Grenze zu erreichen. Dazu sollen verhältnismäßig einfache Komponentencodes und große Interlea-

ver verwendet werden. In dieser Veröffentlichung werden die Turbocodes in einem Codierer mit mehrfachen Codes erzeugt und in einem geeigneten Decodierer decodiert. Die Turbocodes wurden von Berrou et al. 1993 eingeführt (siehe C. Berrou, A. Glavieux und P. Thitimayshima, „Near Shannon limit area correction coding: Turbo codes“ Proc. 1993 IEE International conference on communications, Seiten 1064-1070). Mit dieser Methode kann einerseits eine sehr gute Fehlerkorrektur erreicht werden.

10 Aus ETT European Transactions on Telecommunications, Vol. 6, No. 5, September-October 1995, „Iterative Correction of Intersymbol Interference: Turbo-Equalization“, Catherine Douillard et al. ist die sogenannte Turbo-Entzerrung bekannt, mit
15 der die nachteiligen Effekte der Intersymbolinterferenz bei digitalen Übertragungssystemen behoben werden sollen, die durch Faltungscodes geschützt sind. Der Empfänger führt zwei aufeinanderfolgende Soft-Output-Entscheidungen aus, die von einem Symboldetektor und einem Kanaldecodierer über einen
20 iterativen Prozess durchgeführt werden. Bei jeder Iteration wird extrinsische Information aus dem Detektor und dem Decoder bei der nächsten Iteration wie bei der Turbo-codierung verwendet. Es wird gezeigt, daß mit der Turbo-Entzerrung Intersymbolinterferenzeffekte bei Mehrweg-Kanälen überwunden
25 werden können.

Zukünftige Übertragungssysteme, beispielsweise das Europäische UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) erfordern die Unterstützung einer Vielzahl von koexistierenden
30 Trägerdiensten mit Trägerdatenraten von bis zu 2 Mbit/s in einer flexiblen Weise, wobei der bestmögliche spektrale Wirkungsgrad angestrebt wird. In dem ACTS (Advanced Communications Technologies and Services) Projekt AC090 FRAMES (Future Radio Wideband Multiple Access Systems) wurde ein MA (Multiple
35 Access)-Schema entwickelt, welches sich FRAMES Multiple Access (FMA) nennt und die Erfordernisse von UMTS erfüllt. Als

Übertragungssystem der dritten Generation, welches einen weiten Bereich von Anwendungsgebieten, Trägerdiensten und unterschiedlichen Szenarios umfaßt, muß FMA gegenwärtige und zukünftige Entwicklungen von UMTS Funk-Interface-Standards zu erfüllen. FMA umfaßt zwei Betriebsarten, nämlich WB-TDMA (Wideband Time Division Multiple Access) mit und ohne Spreizung und Kompatibilität mit GSM (Global System for Mobile Communications) und WB-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Obwohl hier im wesentlichen ein System nach FMA betrachtet wird, können auch andere Übertragungssysteme mit Vielfachzugriffsverfahren, beispielsweise FDMA (Frequenzy Division Multiple Access) oder MC-CDMA (Multicarrier-CDMA) oder Kombinationen der erwähnten Übertragungssysteme einbezogen werden.

Im Hinblick auf die hohe Leistungsfähigkeit der Turbocodes ist es wünschenswert, diese bei digitalen Übertragungssystemen einzusetzen. Die vielfältigen Erfordernisse, beispielsweise bei FMA machen es jedoch erforderlich, beim Einsatz derartiger Turbocodes darauf zu achten, daß die Datenübertragung nicht durch die Übertragung von Fehlerkorrekturcodes zu stark belastet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Dienstqualität eines Übertragungskanals abzuschätzen, ohne zusätzlichen Aufwand betreiben zu müssen.

Erfindungsgemäß ist dazu das eingangs erwähnte Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Decision-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird.

Unter dem Begriff Dienstqualität wird hier folgendes verstanden. Für verschiedene Dienste gelten bestimmte QoS-Kriterien (QoS = Quality of Service = Dienstqualität), und die Definitionen der QoS-Kriterien für verschiedene Trägerdienste sind

im Rahmen von FRAMES ausgearbeitet worden. Ein wichtiger Bestandteil eines QoS-Kriteriums ist die Trägerdatenrate R . Das QoS-Kriterium umfaßt auch eine maximal zulässige Fehlerrate P_b^G oder eine Paketverlustrate P_1^G in Kombination mit einer maximalen Ausfallwahrscheinlichkeit P_{out}^G . Im Falle von leistungvermittelten Diensten muß die Wahrscheinlichkeit $P\{P_b > P_b^G\}$, daß die augenblickliche Bitfehlerrate P_b die P_b^G übersteigt, nicht größer sein als P_{out}^G , das heißt

$$10 \quad \Pr\{P_b > P_b^G\} < P_{out}^G.$$

Bei Sprachübertragung ist P_b^G gleich 10^{-3} und P_{out}^G gleich 0,05. Bei Paketdiensten gilt eine ähnliche Bedingung für die augenblickliche Paketverlustrate P_1 :

$$15 \quad \Pr\{P_1 > P_1^G\} < P_{out}^G.$$

Außer den Kriterien bezüglich \Pr gibt es noch weitere Bedingungen im Rahmen des QoS-Kriteriums. Hier werden jedoch hauptsächlich die QoS-Parameter P_b^G , P_1^G und P_{out}^G betrachtet, die unmittelbar mit der Wahl des Fehlerkorrekturcodes (ECC) zu tun haben. Bei ECC bestimmen das Vielfachzugriffsverfahren, die Modulation und die Paketparameter im wesentlichen die Codierungsrate R_c . Mit anderen Worten hat die Codierungsrate R_c einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Frage, ob ein QoS-Kriterium für einen bestimmten Dienst erfüllt wird oder nicht.

Es ist ersichtlich, daß die Bestimmung der Dienstqualität im Zusammenhang mit den QoS-Kriterien wichtig ist, wobei diese Bestimmung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich ist, ohne zusätzlichen Aufwand zu betreiben, da die Varianzen empfangerseitig ohne zusätzliche Informationen festgestellt werden können.

35 Bei einem Verfahren, bei dem empfangerseitig ein Soft-Input/Soft-Output- Symbol oder -Sequenzschätzer verwendet

wird, ist es vorteilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird, wobei vorteilhafterweise aus den Varianzen σ^2 die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität
5 berechnet wird.

Bei einem Verfahren, bei dem empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer oder ein MAP-Sequenzschätzer verwendet wird, ist es vorteilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen
10 σ^2_{LLR} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.

Bei einem Verfahren, bei dem empfängerseitig ein Viterbi-Algorithmus zur Sequenzschätzung verwendet wird, ist es vorteilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{vit} der
15 Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.

Da das erfindungsgemäße Verfahren sowohl bei MAP-Schätzern als auch bei einer Schätzung durch einen Viterbi-Algorithmus einsetzbar ist, gibt es praktisch keine Einschränkung bezüglich der wichtigsten Verfahren zur Sequenz- und Symbolschätzung. Dies gilt, obwohl in der folgenden speziellen Beschreibung diese Aussage nur im Zusammenhang mit einem MAP-
20 Symbolschätzer belegt wird.

Desweiteren ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft, wenn als Turbo-Code ein RCPTC (Rate Compatible Punctured Turbo Code) verwendet wird. Wie aus der detaillierten Beschreibung ersichtlich wird, ist ein derartiger Code
30 besonders flexibel und geeignet für die Zwecke der Erfindung. Der RCPTC ermöglicht den Übergang von festgelegten ECC-auf flexible ECC-Strategien, wobei letztere auf zeitlich variierende Erfordernisse abgestimmt sind, so daß eine flexible
35 Linklayer Controll und Medium Zugriffskontrolle möglich ist.

- Eine Einrichtung zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem mit einem senderseitigen Turbo-Codierer und einem empfängerseitigen Turbo-Decodierer, der Soft-Decision-Ausgangssignale abgibt,
- 5 ist zur Durchführung des vorstehend angegebenen Verfahrens gekennzeichnet durch eine Recheneinrichtung, die die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers berechnet.
- 10 Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Turbo-Codierer zwei parallel geschaltete RSC-Codierer, einen Interleaver, der einem der RSC-Codierer vorgeschaltet ist und eine Punkt-
- 15 tierungs/Multiplexer-Einrichtung aufweist, der die systematischen Sequenzen und die codierten Sequenzen von dem RSC-Codierern zugeführt wird, und daß der Turbo-Decodierer zwei RSC-Decodierer, einen Turbo-Code-Interleaver zwischen einem
- 20 Ausgang des ersten RSC-Decodierers und einem Eingang des zweiten RSC-Decodierers sowie einen Turbo-Code-Deinterleaver zwischen einem Ausgang des zweiten RSC-Decodierers und einem
- 25 Eingang des ersten RSC-Codierers aufweist. Diese Anordnung des Turbo-Codierers und des Turbo-Decodierers stellt eine einfache und für die meisten Anwendungsfälle ausreichende Lösung für diese beiden Komponenten dar, wobei der erzeugte RCPTC allen Anforderungen gerecht wird.
- Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Punktierungs
- 30 /Multiplexer-Einrichtung eine Punktierung nach der sogenannten Berrou's-Punktierung durchführt, bei der nur die nichtsystematische Information punktiert wird. Diese Art der Punktierung ist bei geringeren Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses vorteilhaft.
- 35 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Punktierungs

/Multiplexer-Einrichtung eine Punktierung nach der sogenannten UKL-Punktierung durchführt, bei der sowohl die systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird. Diese Art der Punktierung ist vorteilhaft bei höheren
5 Signal/Rausch-Verhältnissen und daher bei Bitfehlerraten von $< 10^{-4}$.

Schließlich ist eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl
10 der Decodierungs-Iterationen in dem Turbo-Codierer unter Berücksichtigung der damit verbundenen Zeitverzögerung und der Verbesserung des Decodierungsergebnisses optimiert wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen
15 Verfahrens wird zur Punktierung die sogenannte Berrou's-Punktierung eingesetzt, bei der nur die nichtsystematische Information punktiert wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Punktierung die sogenannte
20 UKL-Punktierung eingesetzt, bei der sowohl die systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Zahl der Decodierungsiterationen unter Berücksichtigung der damit verbundenen Zeitverzögerung und der Verbesserung des Decodierungsergebnisses optimiert.
25

Die beiden genannten Punktierungsverfahren und die Optimierung der Decodierungsiterationszahl dienen vorteilhafterweise
30 dazu, die Abschätzung der Dienstqualität auf den Übertragungskanälen mit größerer Sicherheit durchführen zu können.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:
35

- Figur 1 ein Blockdiagramm eines Turbo-Codierers;
Figur 2 ein Blockdiagramm eines RSC-Codierers, wie er in einem Turbo-Codierer nach Figur 1 verwendet wird;
5 Figur 3 ein Blockdiagramm eines Turbo-Decodierers;
Figur 4 eine graphische Darstellung zur Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal in Abhängigkeit von der Zahl der Iterationen bei der Turbo-Decodierung;
10 Figur 5 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal bei verschiedener Anzahl von Iterationen bei der Turbo-Decodierung;
Figur 6 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal in Abhängigkeit von unterschiedlichen Codierungsraten;
15 Figur 7 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal in Abhängigkeit von verschiedenen Codierungsraten;
Figur 8 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal für verschiedene Codierungsraten;
20 Figur 9 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal bei unterschiedlichen Codierungsraten;
25 Figur 10 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen der Bitfehlerrate BER und der Varianz σ^2_{LLR} am Ausgang des zweiten Decodierers; und
Figur 11 eine graphische Darstellung der Varianz σ^2_{LLR} im Verhältnis zum Signal/Rausch-Verhältnis bei fehlerhaft
30 beziehungsweise korrekt decodierten Paketen.

Im Hinblick auf einen ökonomischen Einsatz der Hardware sollte die ECC-Schaltung möglichst universell einsetzbar sein,
35 während die ECC-Konfiguration durch eine Software-Steuerung eine hohe Flexibilität gestatten sollte. Der hier verwendete

RCPTC ermöglicht dies, weil er die erforderliche Flexibilität aufweist. Der RCPTC kann mit dem in Figur 1 gezeigten Turbo-Codierer 2 erzeugt werden. Der Turbo-Codierer 2 weist $N_c = 2$ binäre, rekursive, systematische Faltungscodierer 4, 6 (RSC) mit einer kleinen Constraint-Länge, beispielsweise zwischen 3 und 5, auf, die unter Verwendung eines Turbo-Interleavers 8 parallel geschaltet sind. Die Eingangssequenz u wird dem Codierer 4 (RSC, Code 1) und über den Turbo-Code-Interleaver 8 an den Codierer 6 (RSC, Code 2) sowie einer Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung 10 zugeführt. Die Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung erhält einen weiteren Eingang C1 von dem Codierer 4 und einen weiteren Eingang C2 von dem Codierer 6. Der Ausgang der Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung 10 ist die Ausgangssequenz b .

Bei dem Turbo-Codierer 2 ist die minimale Coderate R_c , \min gleich $1/(N_{c+1}) = 1/3$. Die minimale Codierungsrate R_c , \min könnte weiter reduziert werden, indem zusätzliche RSC-Codierer eingesetzt werden.

Die binäre Eingangssequenz u , die eine endliche Zeitdauer hat, wird in den Codierer 4 eingegeben und ergibt an dessen Ausgang die Redundanzsequenz C_1 mit derselben endlichen Dauer wie u . Die Sequenz u_1 , die die Sequenz u nach dem Interleaving darstellt, wird in den Codierer 6 gegeben. Die Codierung in dem Codierer 6 ergibt die Redundanzsequenz C_2 . Die Redundanzsequenzen C_1 und C_2 und die Sequenz u werden punktiert und gemultiplext, um die Ausgangssequenz b zu bilden. Der Turbocodierer ist ein systematischer Codierer, wobei u die Basis der in b enthaltenen, systematischen Information ist.

Ein RSC-Codierer, wie er für die Codierer 4 und 6 verwendet werden kann, ist in Figur 2 am Beispiel des Codierers 4 dargestellt. An einem Eingang des Codierers 4 steht die Sequenz u als systematische Information an. Die Sequenz u gelangt über ein Additionsglied 12 zu einer Verzögerungsstufe 14 und

5 einem weiteren Additionsglied 16. Die Ausgangssignale der Verzögerungsstufe 14 gelangt an eine zweite Verzögerungsstufe 18 und an das Additionsglied 12. Die Ausgangssignale der zweiten Verzögerungsstufe 18 gelangen an die Additionsstufe 12 und die Additionsstufe 16. Der Ausgang der Additionsstufe ist dann die Redundanzsequenz c_1 .

10 Bei der Wahl dieses Codierers spielen die Hardwarekosten eine Rolle, die so niedrig wie möglich gehalten werden sollten. Aus diesem Grund sind die beiden RSC-Codierer zur Verwendung im Rahmen von FRAMES identisch und haben eine Constraint-Länge von 3. Obwohl diese RSC-Codierer nur vier Zustände haben, zeigen sie eine gute Leistungsfähigkeit bei niedrigen Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses E_b/N_0 . Daher ist die
15 Leistungsfähigkeit des RCPTC's mit diesen Codierern bei niedrigen Signal-Rausch-Verhältnissen vorteilhaft.

20 Die Ausgangssequenz b des Turbo-Codierers 2 gelangt über den Übertragungskanal und einen Demodulator zu dem Turbo-Decodierer 22 (Figur 3), der einen RSC-Codierer 24 und einen zweiten RSC-Decodierer 26 aufweist. Zwischen einem Ausgang des Decodierers 24 und einem Eingang des Decodierers 26 ist ein Turbo-Code-Interleaver 28 vorgesehen. Zwischen einem Ausgang des Decodierers 26 und einem Eingang des Decodierers 24
25 ist ein Turbo-Code-Interleaver 30 vorgesehen. Die Decoder 24, 26 sind Soft-Input/Soft-Output-Decoder.

30 Der Demodulator (nicht gezeigt) liefert Schätzwerte x_n der systematischen Information u_n , die in u enthalten sind, sowie Schätzwerte $y_{1,n}$ und $y_{2,n}$ der übertragenen Redundanzbits, die von den Codierern 4 beziehungsweise 6 erzeugt worden sind. Die beiden Decodierer 24, 26 benötigen eine Kanalzustandsinformation (CSI = Channel State Information), die aus den augenblicklichen Signalamplituden und der Rauschvarianz besteht.
35 Jeder der Decodierer 24, 26 verarbeitet die systematische Information, die Redundanz und a-priori-Information $L_{a1,n}$

und $L_{e2,n}$ unter Verarbeitung der CSI, wodurch die extrinsische Information $L_{e2,n}$ und $L_{e1,n}$ erzeugt wird, die dann als a-priory-Wissen bei dem nachfolgenden Decodierer verwendet wird. Die Decodierung ist iterativ, und das Ergebnis der Decodierung wird mit jeder Iteration verbessert. Das Maß der Verbesserung nimmt jedoch allmählich mit der weiteren Iteration ab. Nach einer gewissen Anzahl von Iterationen wird das Ausgangssignal des Turbo-Decodierers 22 in einen Detektor (nicht gezeigt) zugeführt, wie es bei derartigen Übertragungssystemen üblich ist.

Um den Einsatz des RCPTC's auf die vorhandenen Diensternisse anzupassen, könnte man daran denken, die RSC-Codierer anzupassen, was jedoch zu einer unerwünschten Mehrbelastung im Bezug auf die Hardwarekosten führen würde. Die Anpassung der Interleavergröße auf die speziellen Dienste ist an sich bekannt und stellt auch bei der Verwendung eines RCPTC's wegen dessen Flexibilität ein Problem dar.

Desweiteren kann die Zahl der Iterationen bei der Decodierung entsprechend dem QoS-Kriterium eingestellt werden unter Berücksichtigung der gesamten Codierungskomplexität. Zwei Möglichkeiten, um diese Eigenschaft des Turbocodes auszunutzen, sind an dem Empfänger gegeben. Für ein vorgegebenes QoS-Kriterium kann die Zahl der Iterationen mit ansteigendem Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 erhöht werden. Dies ist besonders vorteilhaft bei Fading-Kanälen, beispielsweise bei Übertragungskanälen. Andererseits kann die Zahl der Iterationen auch mit einem sich zeitlich ändernden QoS-Kriterium variiert werden. Die Einstellbarkeit der Zahl der Decodierungs-Iterationen ist nur bei der Verwendung von Turbo-Codes, insbesondere eines RCPTC's gegeben.

Eine weitere Möglichkeit die Leistungsfähigkeit in einem System mit einem RCPTC zu verbessern, besteht darin, die Punktierung einzustellen, so daß ein RCPTC mit variierenden Code-

raten $R_{C,\min} \leq R_C \leq R_{C,\max}$ bereitgestellt werden können, wodurch die Codierungseigenschaften bei unveränderten Turbo-code-Interleavern und RSC-Codierern geändert werden können.

- 5 Für die Punktierung stehen prinzipiell die Sequenzen u , c_1 und c_2 zu Verfügung. Wenn zwei der Sequenzen voll durch Punktierung unterdrückt werden, wird die maximale Coderate $R_{C,\max} = 1$ angenommen. In diesem Fall hängen die Codierungseigenschaften davon ab, welche der Sequenzen punktiert werden. Wenn bei-
10 spielsweise die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 vollständig punktiert werden, wobei nur die Sequenz u unverändert durchgelassen wird, ist eine ECC nicht erhältlich, und Zeit Diversity-Gewinne sind an den Empfängern bei Fading-Kanälen nicht erreichbar. In diesem Fall reduziert sich der Turbo-Decodierer
15 auf einen einfachen Schwellenwertdetektor.

- Wenn eine der Redundanzsequenzen C_1 oder C_2 voll durch die Punktierung unterdrückt wird, wobei nur die zweite Redundanzsequenz zusammen mit der Sequenz u hindurchtreten kann, wird
20 der Turbo-Codierer zu einem herkömmlichen RSC-Codierer. Der Turbo-Decodierer reduziert sich zu einem RSC-Decodierer, der zur Durchführung einer halben Iteration realisiert ist. Ein a-priori-Wissen basierend auf einer extrinsischen Information ist in diesem Fall nicht vorhanden. Die Codierungsrate R_c kann
25 zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 je nach dem QoS-Kriterium variiert werden. Da $N_c = 2$ gilt, können die RSC-Codierer auf zwei unterschiedlichen Codes basieren, und das QoS-Kriterium und die Codierungskomplexität können variiert werden, indem eine bestimmte Redundanzsequenz C_1 oder C_2 ohne Änderung der Codierungsrate
30 R_c unterdrückt wird.

- Die oben erwähnten Möglichkeiten verhindern jedoch einen Turbo-Code-Betrieb, der nur zur Verfügung steht, wenn Bits von beiden Redundanzsequenzen C_1 und C_2 übertragen werden und
35 gilt:

$$u_n \# u_{1,n}$$

wobei u_n und $u_{1,n}$ in u beziehungsweise u_1 enthalten sind. In diesem Fall gilt:

5

$$R_{c,\min} \leq R_c < 1.$$

Die minimale Codierungsrate $R_{c,\min} = 1/(N_e + 1)$ wird realisiert, wenn keine Punktierung durchgeführt wird. In diesem Fall kann entweder die herkömmliche RSC-Decodierung oder die Turbo-Decodierung realisiert werden, je nach dem QoS-Kriterium und Übertragungskanalzustand, wobei beide Faktoren bei Übertragungsanwendungen zeitlich variieren.

15 Bei echtem Turbo-Codebetrieb sind folgende Varianten möglich. Die Sequenz u wird nicht punktiert, die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 werden teilweise punktiert. In diesem Fall ist ein Betrieb als RSC-Code oder als Turbo-Code möglich, die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar und die Codierungsrate kann zwischen $1/3$ und 1 liegen. Diese Art der Punktierung wird Berrou's-Punktierung genannt.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, daß die Sequenz u und die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 teilweise punktiert werden. In diesem Fall ist ein Betrieb mit RSC-Code nicht möglich, sondern nur mit einem Turbo-Code. Die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar, und die Codierungsrate kann zwischen $1/3$ und 1 liegen. Diese Art der Punktierung wird UKL-Punktierung (UKL = University Kaiserslautern) genannt. Schließlich kann noch der Fall betrachtet werden, daß keine Punktierung stattfindet. In diesem Fall ist der Betrieb mit einem RSC-Code und einem Turbo-Code möglich. Die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar und die Codierungsrate liegt bei $1/3$.

35

Das vorteilhafte Merkmal bei RCPTC liegt in der Möglichkeit, die Codierungsrate R_c adaptiv zu ändern, wobei bei einem ARQ die erforderliche Information übertragen werden kann, ohne das gesamte, codierte Paket übertragen zu müssen. Die Übertragung eines zusätzlichen Teiles der Information, der die Differenz in der Codierungsrate ausgleicht, ist ausreichend.

Nachdem die Möglichkeiten der Anpassung der Codierung, im Fall von RCPTC beschrieben wurden, werden nun die Auswirkungen der Anpassungsmöglichkeiten auf die Leistungsfähigkeit des Systems bei Verwendung von RCPCT anhand von Simulationen beschrieben.

Figur 4 zeigt die Leistungsfähigkeit des RCPTC in einer graphischen Darstellung in der die Bitfehlerrate BER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 für eine Sprachübertragung über einen AWGN-Kanal dargestellt ist. Die Paketgröße war 150 bit, und die Codierungsrate etwa $= 1/3$. Die Trägerdatenrate für die Sprachübertragung betrug 8 kbit/s . Die uncodierte Übertragung wird als Bezugslinie gezeigt. Der Parameter dieser Simulationen ist die Zahl der Decodierungs-Iterationen, die zwischen 1 und 5 variiert. Nach der ersten Decodierungs-Iteration ist das minimale Signal/Rausch-Verhältnis, das erforderlich ist, um eine Bitfehlerrate von $< 10^{-3}$ zu erreichen, etwa gleich 3,5 dB. Nach der zweiten Decodierungs-Iteration ist etwa 1,3 dB weniger erforderlich. Die nächste Decodierungs-Iteration ermöglicht einen weiteren Gewinn von 0,2 dB. Die nächsten Iterationen ermöglichen Gewinne von weniger als 0,1 dB. Nach fünf Iterationen ist das minimale Signal/Rausch-Verhältnis, das für eine Bitfehlerrate von weniger als 10^{-3} erforderlich ist, etwa gleich 1,8 dB. Es ist demnach ersichtlich, daß die Leistungsverbesserung mit zunehmender Iterationen weniger wird. Im Vergleich erfordert ein herkömmlicher NSC-Code mit einer Constraint-Länge von 9 etwa 1,9 dB, um dieselbe Bitfehlerrate von $< 10^{-3}$ zu erreichen. Der RCPTC ist

daher etwas leistungsfähiger als herkömmliche Codes selbst bei so kleinen Paketgrößen wie 150 bit.

Figur 5 zeigt die Leistungsfähigkeit des RCPTC in einer graphischen Darstellung, in der die Bitfehlerraten BER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 für Schmalband-ISDN bei einer Trägerdatenrate von 144 kbit/s, einer Paketgröße von 672 bit, einer Coderate von etwa $\frac{1}{2}$ und einem voll einem Interleaving unterzogenen Rayleigh-Fading-Kanal gezeigt ist. Der Simulationsparameter ist wiederum die Zahl der Decodierungs-Iterationen. Nach vier Decodierungs-Iterationen erfordert eine Bitfehlerrate von weniger als 10^{-3} ein minimales Signal/Rausch-Verhältnis von 3,8 dB. Nach zehn Iterationen sind nur noch etwa 3,4 dB erforderlich. Ein herkömmlicher NSC-Code mit einer ähnlichen Decodierungskomplexität wie vier Decodierungs-Iterationen hat einen Constraint-Länge von 8 und erfordert ein um 1,1 dB höheres Signal/Rausch-Verhältnis.

Die Figuren 6 bis 9 zeigen graphische Darstellungen für die Leistungsfähigkeit bei Verwendung von RCPTC, wobei die Bitfehlerrate BER beziehungsweise die Rahmenfehlerrate FER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 aufgetragen ist. Figur 6 zeigt die Bitfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Figur 7 zeigt die Bitfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem voll einem Interleaving unterworfenen Rayleigh-Fading-Kanal. Figur 8 zeigt die Rahmenfehlerrate FER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Figur 9 zeigt die Rahmenfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, 10 Decodierungs-Iterationen und einem voll einem Interleaving unterworfenen Rayleigh-Fading-Kanal. In den graphischen Darstellungen der Figuren 6 bis 9 werden zwei unterschiedliche Punktierungsverfahren angewendet, näm-

lich die Berrou's-Punktierung und die UKL-Punktierung, die oben erwähnt wurden. Es ist ersichtlich, daß die Berrou's-Punktierung eine bessere Leistungsfähigkeit bei geringeren Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses hat, während die UKL-Punktierung bei einem hohen Signal/Rausch-Verhältnis und daher bei Bitfehlerraten von $< 10^{-4}$ vorteilhaft ist. Die Kreuzungspunkte bewegen sich in Richtung auf niedrigere Bitfehlerraten bei wachsenden Codierungsraten.

- 10 In Figur 10 ist die Bitfehlerrate gegen die Varianz der log-Likelihood-Verhältnisse (LLR = Log-Likelihood Ratio) an dem Ausgang des zweiten Decodierers gezeigt, wobei ein RCPTC, eine Paketgröße von 372 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und ein AWGN-Kanal angenommen wird. Aus dieser Figur ist ersicht-
- 15 lich, daß die Codierungsrate keinen Einfluss auf die Beziehung zwischen der Bitfehlerrate und der Varianz σ^2_{LLR} hat, weil diese beiden Größen eine ähnliche Abhängigkeit von dem Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 haben. Daher kann, wenn σ^2_{LLR} bekannt ist, eine Abschätzung der Bitfehlerrate leicht durchgeführt werden, deren Ergebnis als Basis für eine Aktion dienen kann, beispielsweise für eine Anpassung der Decodierungs-
- 20 Iterationszahl oder der Codierungsrate zur Verbesserung der Übertragungsqualität oder, im Falle von ARQ, zur Anforderung einer erneuten Sendung eines fehlerhaft codierten Pakets.
- 25 Schließlich zeigt Figur 11 die Varianz σ^2_{LLR} des Log-Likelihood-Verhältnisses LLR am Ausgang des zweiten Decodierers im Verhältnis zu dem Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 bei Verwendung von RCPTC mit einer Paketgröße von 600 bit, einer Code-
- 30 rate von etwa 5/9, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Der RCPTC war für einen 64 kbit/S-Trägerservice ausgelegt. Aus Figur 11 ergibt sich, daß eine ähnliche Überlegung wie im Zusammenhang mit Figur 10 auch für die Abhängigkeit der Varianz σ^2_{LLR} von dem Auftreten von Paketfehlern zutrifft. σ^2_{LLR} ist bei fehlerhaft decodierten Paketen immer
- 35 größer als σ^2_{LLR} im Falle von korrekt decodierten Paketen. Wenn

daher das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 und σ^2_{LLR} für ein gerade überprüftes Paket bekannt sind, kann eine Soft-Decision-Variable, die mit der Wahrscheinlichkeit eines Paketfehlers in Beziehung steht, leicht erzeugt und zu Steuerungszwecken eingesetzt werden.

Obwohl sich die vorliegende Beschreibung hauptsächlich auf die Anwendung der Erfindung auf den digitalen Mobilfunk bezieht, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt sondern kann allgemein bei digitalen Übertragungssystemen, beispielsweise bei leistungsgebundenen Systemen, optischen Übertragungssystemen (Infrarot-und Laser-Übertragungssysteme), Satellitenfunksystemen, Deep-Space-Übertragungssystemen, Richtfunk-Übertragungssystemen und Rundfunk-Übertragungssystemen (Digitales Radio oder TV), mit den genannten Vorteilen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem, bei dem zur Kanalcodierung senderseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und empfängerseitig in einem Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Decision-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei empfängerseitig ein Soft-Input/Soft-Output- Symbol oder -Sequenzschätzer verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Varianzen σ^2 die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität berechnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer oder ein MAP-Sequenzschätzer verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{LLR} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei empfängerseitig ein Viterbi-Algorithmus zur Sequenzschätzung verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{VIT} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung eine sogenannte

Berrou's-Punktierung eingesetzt wird, bei der nur die nicht-systematische Information punktiert wird.

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung die sogenannte UKL-Punktierung eingesetzt wird, bei der sowohl eine systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird.

10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl der Decodierungsiterationen unter Berücksichtigung der damit verbundenen Zeitverzögerung der Verbesserung des Decodierungsergebnisses optimiert wird.

15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Turbo-Code ein RCPTC verwendet wird.

20 10. Einrichtung zur Abschätzung der Dienstqualität auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem mit einem senderseitigen Turbo-Codierer und einem empfängerseitigen Turbo-Decodierer, der Soft-Decision-Ausgangssignale abgibt, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Recheneinrichtung, die
25 die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers (22) berechnet.

30 11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbo-Codierer (2) zwei, parallelgeschaltete RSC-Codierer (4, 6), einen Interleaver (8), der einem der RSC-Codierer (6) vorgeschaltet ist, und eine Punktierung/Multiplexer-Einrichtung (10) aufweist, der die systematischen Sequenzen und die codierten Sequenzen von den RSC-Codierern (4, 6) zugeführt wird, und daß der Turbo-Decodierer (22) zwei RSC-Decodierer
35 (24, 26), einen Turbo-Code-Interleaver (28) zwischen einem Ausgang des ersten RSC-Decodierers (24) und einem Eingang des

zweiten RSC-Decodierers (26) sowie einen Turbo-Code-Deinterleaver (30) zwischen einem Ausgang des zweiten RSC-Decodierers (26) und einem Eingang des ersten RSC-Decodierers (24) aufweist.

5

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung (10) eine Punktierung nach der sogenannten Berrou's-Punktierung durchführt, bei der nur die nicht-systematische Information punktiert

10

wird.

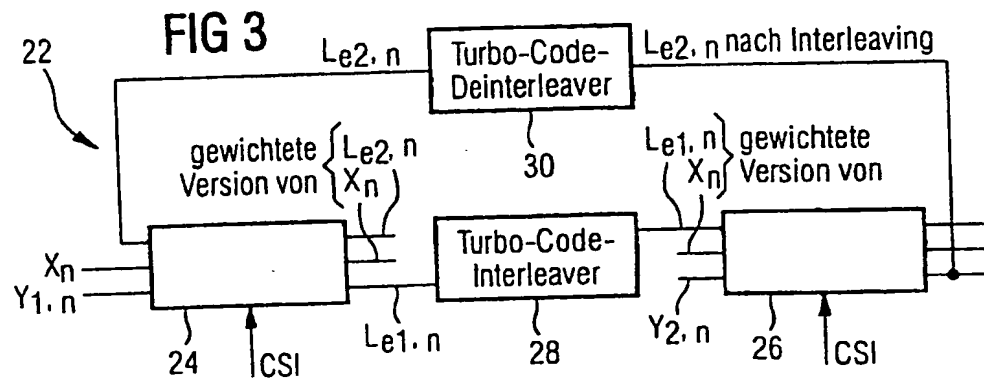
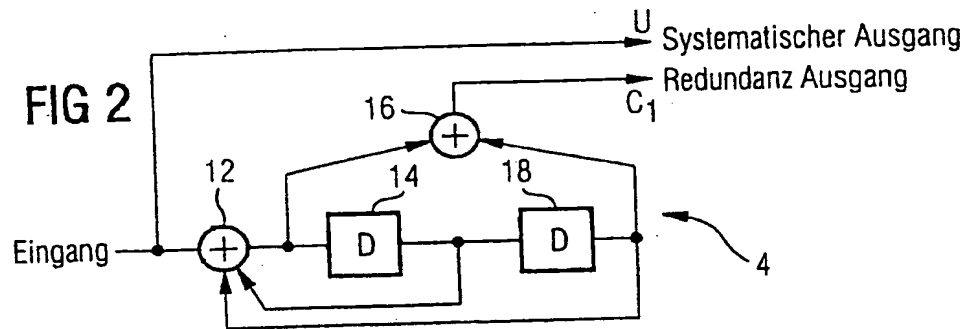
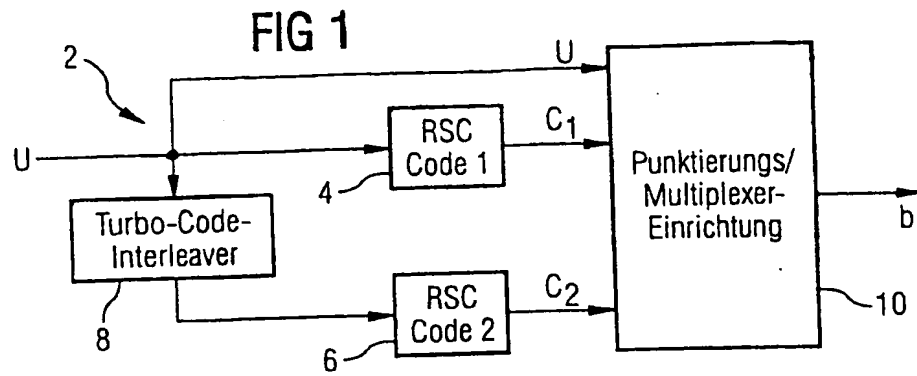
13. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung (10) eine Punktierung nach der UKL-Punktierung durchführt, bei der sowohl die systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird.

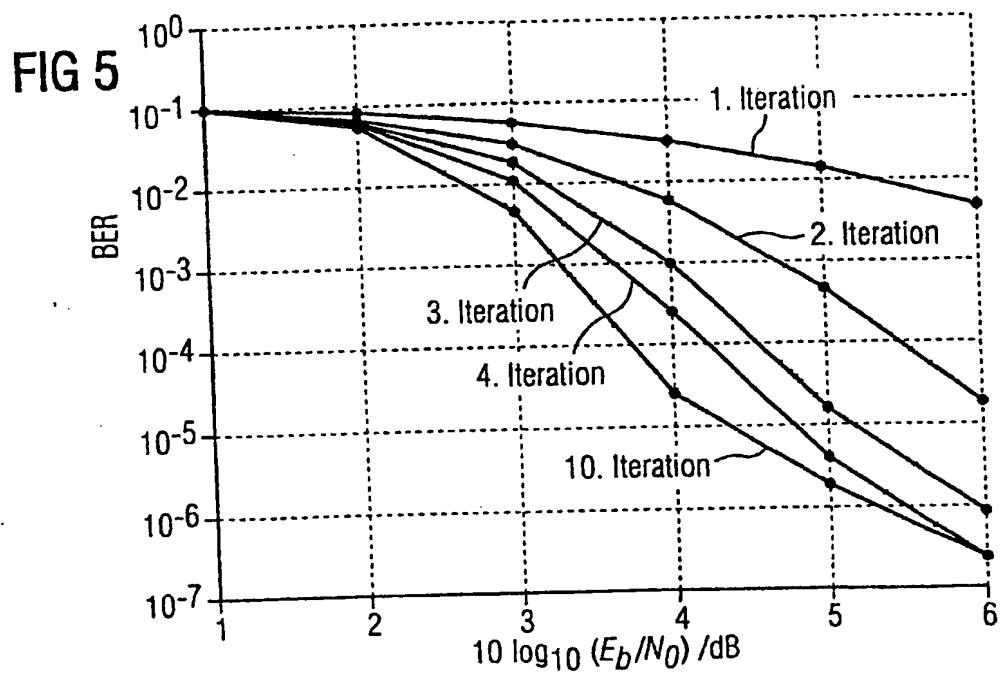
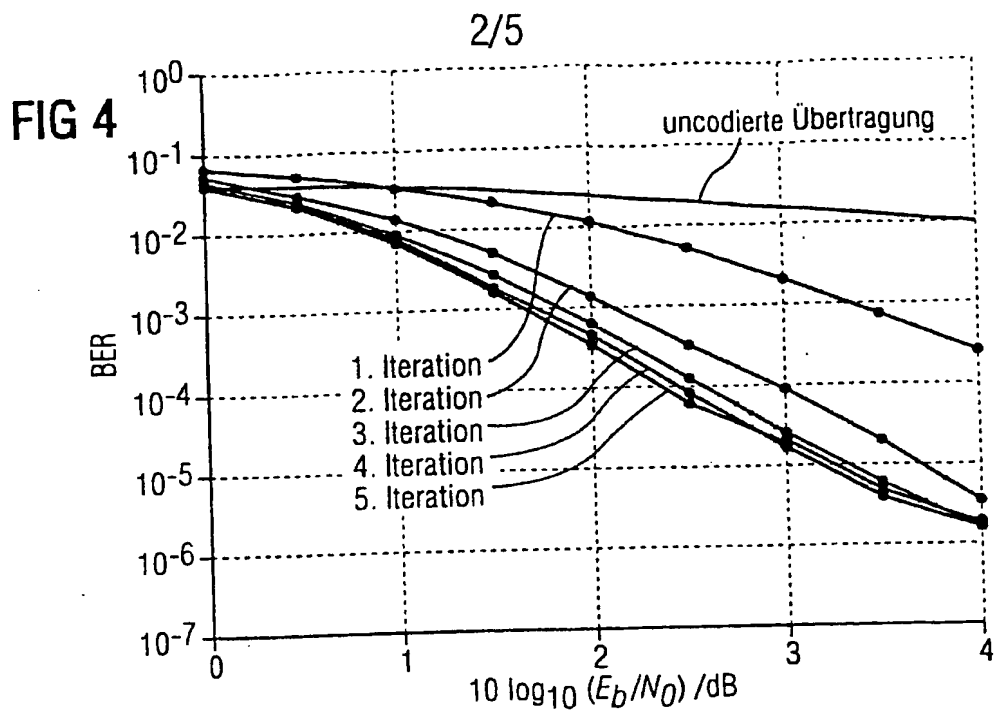
15

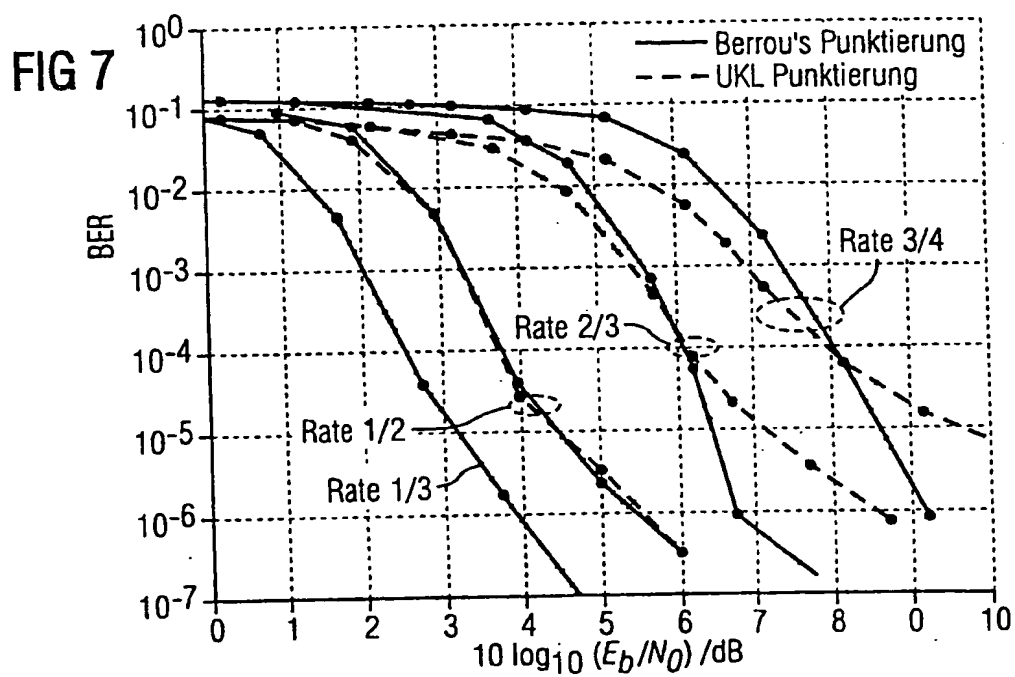
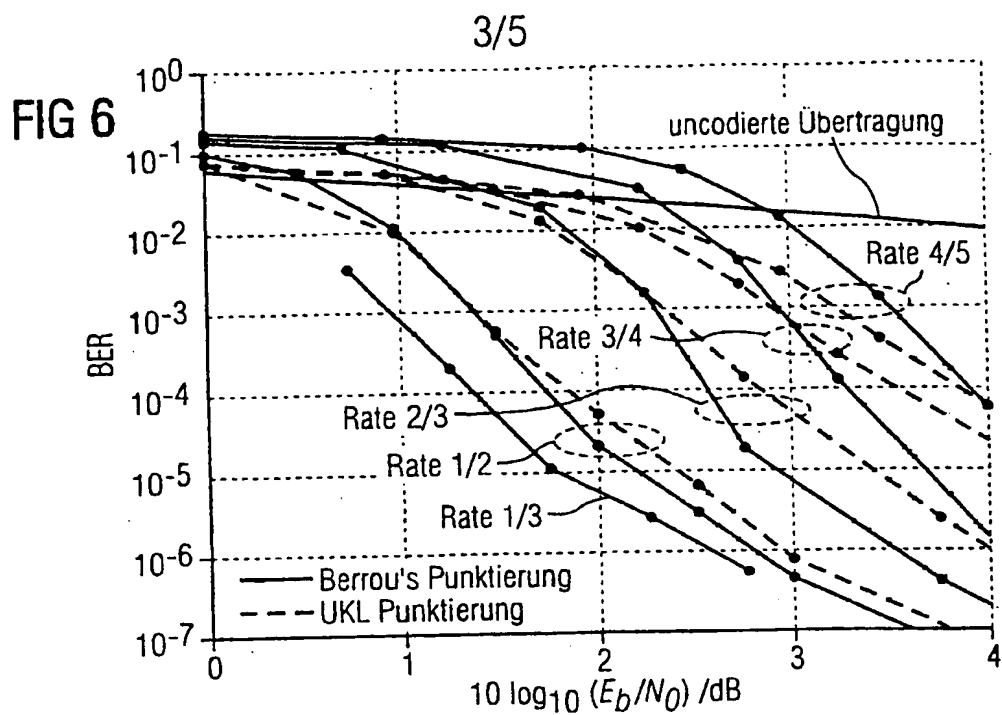
14. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl der Decodierungs-Iterationen in dem Turbo-Decodierer (22) unter Berücksichtigung der damit verbundenen Zeitverzögerung unter Verbesserung des Decodierungsergebnisses optimiert wird.

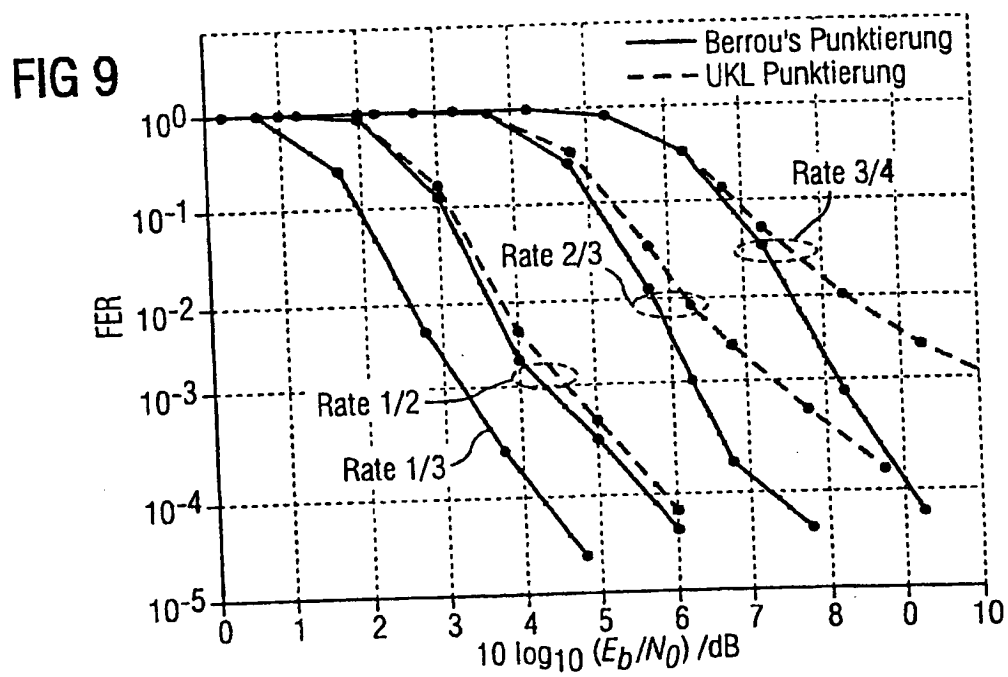
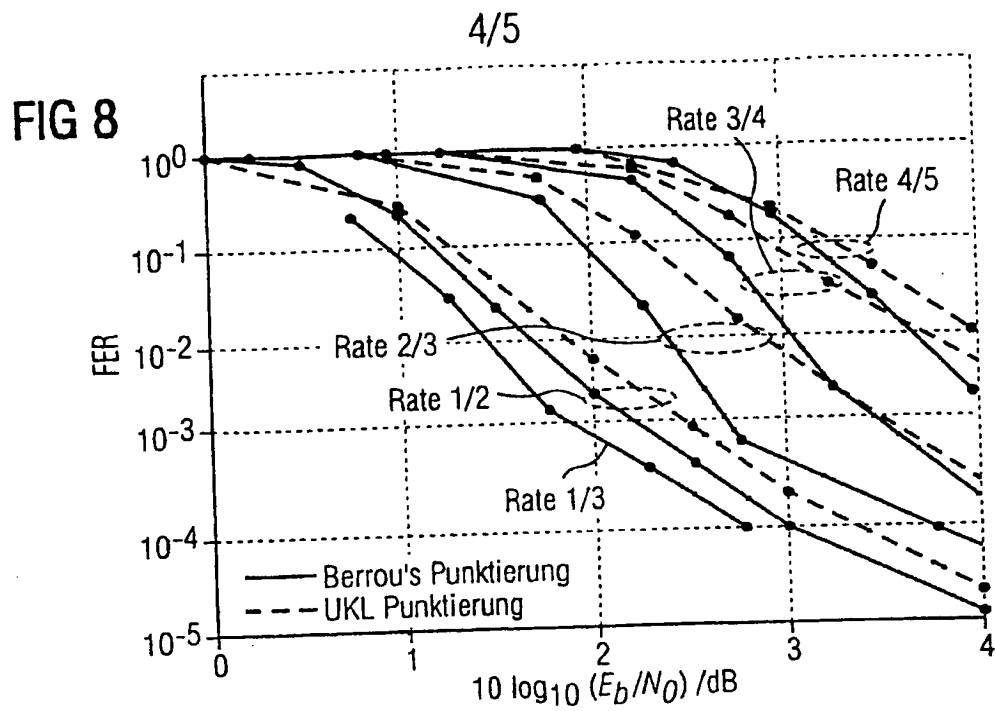
20

1/5

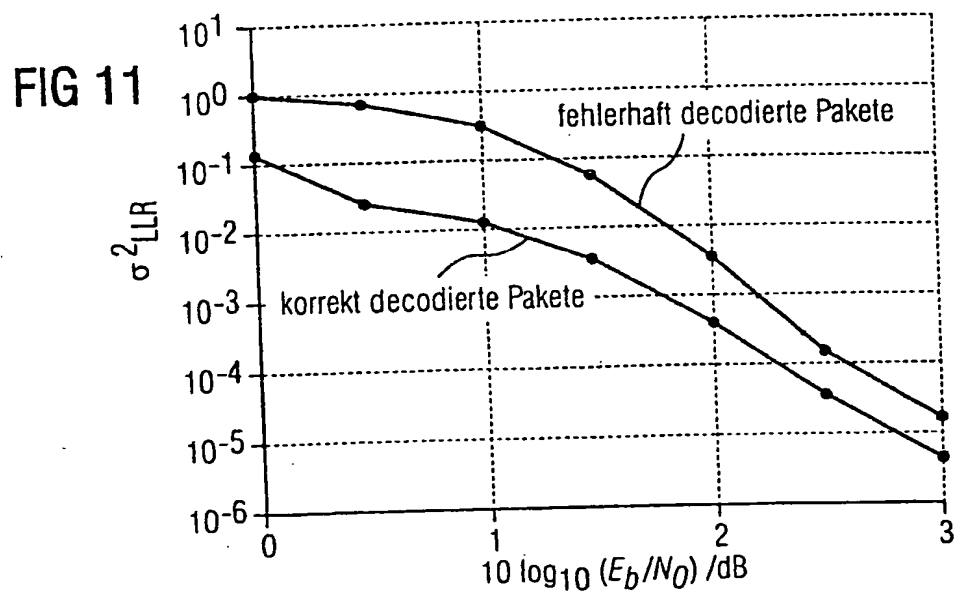
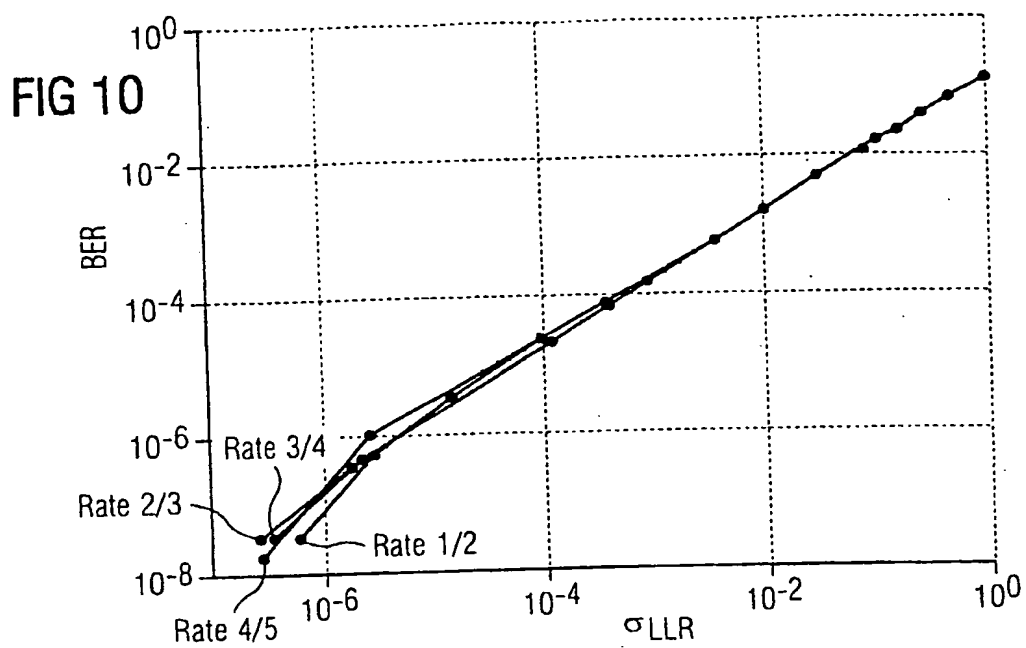








5/5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In tional Application No
PCT/DE 98/02172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H04L1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NASSHAN M ET AL: "New results on the application of antenna diversity and turbo-codes in a JD-CDMA mobile radio system" 5TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS (PIMRC'94), AND ICC REGIONAL MEETING ON WIRELESS COMPUTER NETWORKS (WCN), THE HAGUE, THE NETHERLANDS, vol. 2, 18 - 23 September 1994, pages 524-528, XP002091099 Amsterdam, IOS Press, Netherlands see abstract see page 526, left-hand column, line 2 - line 17	1-5, 8-11,14
Y	see page 527, left-hand column, line 15 - line 27 ---	6,7,12, 13
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to underlain the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 January 1999

Date of mailing of the international search report

09/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ghigliotti, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ational Application No
PCT/DE 98/02172

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>JUNG P: "Comparison of turbo-code decoders applied to short frame transmission systems"</p> <p>IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS,</p> <p>vol. 14, no. 3, 1 April 1996, pages 530-537, XP000586080</p> <p>cited in the application</p> <p>see figure 1</p> <p>-----</p>	<p>6,7,12,</p> <p>13</p>

PCT/DE 98/02172

Seite 1 von 2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/02172

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>JUNG P: "Comparison of turbo-code decoders applied to short frame transmission systems"</p> <p>IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS,</p> <p>Bd. 14, Nr. 3, 1. April 1996, Seiten 530-537, XP000586080</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>siehe Abbildung 1 -----</p>	6,7,12, 13

THIS PAGE BLANK (USPTO)